

## O CÉREBRO E A ACTIVIDADE FÍSICA

---

*Tiago Pereira\**

**Resumo:** Os benefícios da actividade física na função cerebral, saúde mental e na performance cognitiva têm sido bem documentados por vários autores ao longo dos últimos anos. No entanto, os efeitos da actividade física na actividade cerebral levantam algumas dúvidas relacionadas com o facto de que, se estas alterações serão locais ou um resultado a nível global no cérebro. Desde as diferenças entre actividades físicas de maior intensidade e outras em que o controlo motor é um ponto chave para o sucesso, sabe-se hoje que não podemos dissociar os efeitos do exercício e da actividade física da função cerebral. Este facto tem influência não apenas na estruturação de planos de treino em atletas, mas também nos benefícios dependentes do exercício físico ao nível do processamento cognitivo e nas doenças neurodegenerativas.

### ACTIVIDADE FÍSICA E EXERCÍCIO FÍSICO

Os conceitos de actividade física e exercício físico, diferem na medida em que, apesar de poderem resultar em efeitos semelhantes, têm objectivos diferentes. Ou seja, por actividade física, entende-se qualquer tipo de actividade motora desenvolvida pelo nosso corpo, que leve ao aumento do metabolismo e conseqüentemente a um aumento no consumo de energia acima dos valores de repouso (US Department of Health and Human Services, 1998).

Por outro lado, exercício físico é considerado uma actividade física orientada, na qual o indivíduo utiliza o corpo e os sistemas associados ao movimento para atingir um determinado objectivo, seja na melhoria da condição física, seja na concretização numa modalidade desportiva (Caspersen et al., 1985). Através do exercício físico e dum aumento na actividade física no dia-a-dia, vemos associados inúmeros benefícios na

---

\* Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde – Universidade Católica Portuguesa

saúde e bem estar individual. Desde há alguns anos que estes efeitos têm sido documentados como benéficos não apenas nos sistemas envolvidos directamente na acção motora, mas também na actividade cognitiva (Smith et al., 2010) e quanto maior for a frequência e intensidade dessa actividade, maiores serão estes efeitos associados (Haskell et al., 2007).

O exercício físico pode ser desenvolvido com frequências diferentes (número de vezes por semana) e com intensidade diferente (percentagem de esforço físico relativamente à capacidade máxima de um indivíduo gerar energia para essa mesma actividade), sendo que estas alterações durante a actividade levam consequentemente a diferenças nos processos fisiológicos de recuperação e consequente adaptação e melhoria. Estas melhorias, fazem com que a performance do indivíduo seja cada vez melhor, devido a uma adaptação dos sistemas responsáveis por essa actividade. Por exemplo, durante um exercício moderado (numa intensidade sub-máxima, entre os 50 e 60% do VO<sub>2</sub>max), onde a energia é produzida pelo metabolismo aeróbico utilizando o oxigénio, um indivíduo consegue desenvolver uma resposta fisiológica de maneira a aumentar a necessidade de oxigénio no músculo, periferia e cérebro. Desta forma, um treino com exercício físico prolongado leva a adaptações fisiológicas que incluem o aumento do volume sanguíneo, densidade capilar, aumento do tamanho e número das mitocôndrias, aumento na metabolização de gorduras para serem também utilizadas como substrato energético e uma termoregulação mais eficiente (Foss, et. al., 1998). Todas estas alterações, em conjunto, resultam numa melhoria da nossa função cardio-respiratória e que pode ser quantificada pelo VO<sub>2</sub>max (Volume máximo de Oxigénio, que representa a capacidade máxima que um indivíduo tem de captar, fixar, transportar e utilizar o oxigénio na produção de energia) (Foss, et. al., 1998).

Nos dias de hoje temos cada vez mais indivíduos a praticar exercício físico e torna-se fundamental entender não só as alterações cardio-respiratórias, mas também as variações ao nível do cérebro e de que maneira podem trazer melhorias na qualidade de vida do indivíduo. Além disso, uma vez que o exercício físico pode ter várias modalidades, tal como diferente intensidade e diferente complexidade motora, é essencial compreender e adaptar a melhor prescrição de treino com vista a melhorias fisiológicas periféricas e centrais.

Paralelamente a estas alterações fisiológicas periféricas, a circulação sanguínea cerebral durante o exercício físico foi das áreas menos investigadas em fisiologia do exercício. Esta lacuna resultava até há bem pouco

tempo da dificuldade na medição das variações no aporte de sangue nas diferentes áreas cerebrais. Contudo, ao longo dos últimos anos têm sido vários os estudos que utilizam técnicas de neuro-imagem para investigar as variações na circulação sanguínea no cérebro derivadas da activação periférica pelo exercício físico em áreas específicas do cérebro. Um destes estudos demonstrou que o aumento no volume de sangue no cérebro é proporcional à actividade neuronal e ao metabolismo (Fisher et al., 2008) e de acordo com o mesmo autor, as alterações no volume de sangue no cérebro são dependentes da intensidade da actividade física e estão condicionadas por variáveis periféricas sujeitas a alterações com o aumento do metabolismo.

O aumento de circulação sanguínea no cérebro pode levar a uma maior disponibilidade de oxigénio, não apenas para as funções motoras desenvolvidas mas também para outras funções cerebrais que podem beneficiar com este aumento e levar mesmo a uma melhoria actividade cognitiva (Ogoh & Ainslie, 2009). A melhor compreensão da circulação sanguínea durante o exercício físico irá ajudar-nos a compreender melhor em que medida estas variações cardiovasculares muito significativas a nível periférico podem interferir na actividade cerebral e nas suas respectivas funções cognitivas e motoras.

## **ALTERAÇÕES CEREBRAIS PELO EXERCÍCIO FÍSICO**

Estas alterações fisiológicas a nível central são susceptíveis de aumentar a plasticidade sináptica em estruturas cerebrais como o hipocampo (Molteni et al., 2002), e podem mesmo reverter as diminuições de volume no hipocampo associadas a exercício físico aeróbico (Erickson et al., 2011).

A actividade física deve ser encarada como uma estratégia na melhoria e manutenção da saúde através dos seus efeitos neuro-protectores em doenças como, o Alzheimer (Lautenschlager et al., 2008) e o Parkinson (Ahlskog, 2011). A utilização do exercício físico enquanto factor preventivo na melhoria da saúde cognitiva, pode resultar num dispêndio muito menor a longo prazo, no que diz respeito a cuidados de saúde associados ao envelhecimento. As estratégias de prevenção da saúde através da actividade física são uma das melhores formas de atingir objectivos sociais economicamente mais favoráveis. Contudo, tal como na prescrição de um agente farmacológico, a intensidade e frequência do exercício físico deve

ser tida em conta, para assegurarmos que os efeitos positivos a nível cerebral, não têm o efeito contrários ou adversos. Além disso, determinada quantidade de exercício pode ser excessiva ou insuficiente para gerar os efeitos pretendidos.

Os possíveis efeitos a longo prazo do exercício físico na função cognitiva têm uma grande lacuna a nível de investigação, uma vez que a maioria dos estudos se concentra nos efeitos agudos do exercício físico (Audiffren et al., 2009; Lambourne et al., 2010; Pontifex et al., 2009), ou seja, nos efeitos provocados por uma única sessão de treino. Face a isto, é fundamental uma análise cuidada da descrição dos efeitos do exercício e da actividade física a nível cognitivo e de outras funções cerebrais, para evitar uma generalização errada dos resultados.

Os atletas de alta competição são considerados experts motores e com uma capacidade para a realização de exercícios físicos acima da média. Por isso, a utilização de atletas em estudos que relacionem a actividade cerebral e o exercício físico leva-nos a obter resultados onde a capacidade motora foi explorada acima da média. Estes estudos com atletas, podem beneficiar uma melhoria na estruturação dos planos de treino para indivíduos em fase de recuperação motora. Utilizando os atletas como referência para uma elevada capacidade na aprendizagem de tarefas motoras, podemos adaptar as estratégias de aprendizagem motora dos atletas. Já foram demonstradas diferenças significativas na função motora entre o cérebro de atletas e não atletas (Wei et al., 2011), assim como a relação positiva entre o exercício físico e uma melhoria na cognição após Acidente Vascular Cerebral (Quaney et al., 2009) e em doenças neuro-degenerativas como o Parkinson (Ahlskog & Eric, 2011) e Alzheimer (Columbe & Kramer, 2003).

Quer os indivíduos em recuperação motora, quer outro indivíduos saudáveis, os processos de treino podem ser auxiliados e/ou complementados com um treino mental. Este treino mental assenta no pressuposto que uma pre-activação das tarefas motoras (estratégia) do movimento a desenvolver consegue desenvolver melhorias na performance, mesmo quando apenas se executa o treino mental (Curlik & Shors, 2013).

Algumas destas melhorias sentidas na cognição e memória resultam dos efeitos agudos do exercício físico e devido a um aumento da concentração de BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor) (Gomez-Pinilla, et al., 2008), que facilita a aprendizagem e consolidação da memória.

O exercício físico promove uma série de alterações fisiológicas agudas e crónicas interferindo com vários sistemas do nosso corpo que se

encontram interligados. Como sistema de controlo central, o cérebro liberta neurotrofinas durante o exercício físico que actuam ao nível da regulação neuronal e na protecção dos neurónios durante o envelhecimento (Ploughman & Michelle, 2008) e nos fenómenos de plasticidade sináptica (Schinder & Poo, 2000). Uma destas moléculas, o BDNF surgiu desde há alguns anos, com um papel fundamental no que diz respeito às sinapses associadas à memória e ao hipocampo (Gottchalk et al., 1999) e desde então tem vindo a ser estudada para se tentar compreender melhor o seu papel na melhoria da aprendizagem e consolidação. Depois de alguns estudos em animais que sugeriram um aumento do BDNF com o aumento da actividade física (Pilc & Zolaz, 2010), o interesse no estudo desta molécula e a sua associação ao exercício físico tem aumentado. Alguns estudos já demonstraram mesmo que o exercício físico induz um aumento na quantidade de BDNF e isso pode ter um papel importante na melhoria das funções cognitivas (Ploughman & Michelle, 2008). Em algumas situações estes aumentos de BDNF induzidos pelo exercício físico, podem mesmo ter uma actuação semelhante a alguns agentes farmacológicos para tratamento de doenças neurológicas (Pilc & Zolaz, 2010).

## **COMPLEXIDADE MOTORA ALÉM DA CONDIÇÃO FÍSICA**

Uma vez que existem diferentes actividades e exercícios físicos, muitos deles associados a modalidades desportivas, é fundamental mais investigação no sentido de se compreender quais os efeitos no cérebro provocados pela actividade física mais intensa a nível energético e pelos exercícios mais complexos, que requerem um controlo motor muito superior e que também podem de alguma forma ter efeitos positivos nas funções cerebrais.

Isto porque, além duma excelente condição física, existem modalidades desportivas que requerem um elevado controlo motor e o próprio sucesso da actividade é analisado por esse controlo motor, como é o caso da ginástica. Assim, a capacidade para aprendermos novas tarefas motoras é fundamental, quer nas tarefas do dia-a-dia, quer em gestos mais complexos como numa actividade desportiva. Esta aprendizagem, que resulta numa melhoria da performance motora com a experiência ou o treino e pode persistir armazenada no nosso cérebro por algumas semanas, meses, ou mesmo anos.

Nos últimos anos percebeu-se que a aprendizagem motora se dividia numa fase mais rápida (que ocorre nos primeiros minutos, quando o indivíduo se familiariza com a tarefa) e uma fase lenta (onde são necessárias horas, ou mesmo dias para se tornar efectiva (Karni et al., 1998).

Além dos praticantes casuais de exercício físico os atletas podem ser considerados como experts no que diz respeito à condição física (capacidade de produção energética), e a tarefas motoras que variam em grau de complexidade e envolvimento.

Estas tarefas motoras melhoram com as repetições quer em atletas quer em não atletas. Porém, perante novas tarefas motoras simples, os atletas têm performances iniciais melhores que os não atletas (Pereira et al., 2013), o que resulta numa curva de aprendizagem semelhante, mas com performances superiores.

Durante as actividades motoras mais complexas, o nosso cérebro tem a capacidade de prever as alterações dos segmentos corporais ou de algum objecto (como uma bola) os feedbacks sensoriais durante o movimento. Ou seja, quando movemos o nosso corpo de um lado para outro, o nosso cérebro consegue estimar a sua nova posição antes mesmo de receber o feedback sensorial. A este sistema designa-se por forward model e muitas vezes pode fazer a diferença entre o sucesso ou insucesso dum atleta (Yarrow et al., 2009). Esta capacidade de gerar forward models referentes ao nosso próprio corpo, pode ser complementada quando um atleta utiliza estes sistemas de processamento no cérebro para antecipar as acções motoras do adversário (Abernethy, 2007).

A interpretação das acções dum adversário pode derivar do sistema de neurónios espelho, que envia o comando ao cerebelo, e que em seguida envia a sua previsão para o cortex pre-motor e para em seguida ser desenvolvido o planeamento motor (Yarrow et al., 2009). É através desta capacidade e deste processamento que por vezes um adversário como um guarda-redes num jogo de futebol consegue antecipar a acção do adversário e tomar decisões motoras que aparentemente pareciam impossíveis. Pode muitas vezes fazer a diferença entre o sucesso e o insucesso.

Com estes novos avanços, sobre a função motora cerebral, está a ser cada vez mais eficaz a estruturação dos planos de treino em atletas de alta competição que exploram ao máximo os limites da capacidade motora do cérebro humano. Um atleta de alta competição é um indivíduo que aprendeu uma série de forward models a vários níveis de representação e é capaz de planear movimentos em contextos muito diferentes. Con-

tudo, com o aumento da especialização numa determinada modalidade, a experiência motora torna-se cada vez mais específica dessa modalidade (Fourkas et al., 2008) e cada vez será mais complicado fazer o transfer dos gestos aí utilizados para outra actividade.

Antes acreditava-se que o cérebro era incapaz de produzir novos neurónios, mas já há alguns anos se sabe que no hipocampo acontece neurogenese e que o exercício físico estimula esta proliferação (Van et al., 1999) e tal como este, outros avanços ao nível das neurociências têm demonstrado que há muito por descobrir e interpretar no que diz respeito ao funcionamento cerebral.

Todos estes conhecimentos recentes sobre a influência positiva do exercício físico na actividade cerebral ainda não permitem uma estruturação de planos de treino efectivos com vista à melhores resultados. No entanto, o facto de assistirmos a esta evolução exponencial a nível do conhecimento do cérebro e da sua relação com o exercício físico, leva-nos a ponderar que num futuro próximo, as metodologias utilizadas para desenhar um plano de treino desportivo (seja para um atleta de alta competição, seja para um indivíduo em recuperação motora), irão estar dependentes da resposta do cérebro antes, durante e após o exercício físico. Hoje em dia sabemos que os planos de treino são desenhados essencialmente com base nas variáveis fisiológicas periféricas (produção energética, consumo de oxigénio, equilíbrio ácido-base, fadiga muscular, ente outros), mas os avanços em neurociências do desporto, as variáveis resultantes da actividade cerebral serão tão ou mais importantes na construção desses planos de treino.

Após tantos anos de especulação sobre os mistérios do cérebro humano, durante as últimas décadas tem sido possível entrar num mundo inexplorado até então. O acesso a registos in vivo da actividade cerebral (através de tecnologias como o Electroencefalograma e a Ressonância Magnética Funcional), tem-nos permitido grandes avanços na compreensão das principais doenças neurológicas, mas estão cada vez mais a permitir um olhar sobre condições saudáveis do cérebro humano como algumas capacidades potenciadas através do treino, como é o caso de atletas de alta competição onde o cérebro é exposto constantemente a novos limites e novas aprendizagens motoras. Este facto leva a que a capacidade de aprendizagem seja mais facilitada comparativamente a indivíduos não atletas (Pereira et al., 2013) e apesar de poderem ser apontadas várias razões para este facto, a espessura do cortex em algumas áreas do cére-

bro de atletas é superior e isso foi relacionado com o nível de actividade física (Wei et al., 2011).

Infelizmente, alguns dos sistemas de análise da função cerebral ainda não permitem a sua utilização em contexto real de actividade física, como é o caso da Ressonância Magnética Funcional, devido à sua dimensão e complexidade de operacionalização. Contudo, nos últimos anos algumas empresas têm vindo a desenvolver aparelhos que permitem uma utilização e registo da actividade cerebral em contexto de actividade física. Entre estes, encontramos alguns aparelhos de Electroencefalografia que estão cada vez mais portáteis e alguns já permitem a sua utilização sem fios, apesar de serem ainda muito limitados no que diz respeito à quantidade de electrodos para captação dos sinais eléctricos provenientes do cortex cerebral e registados na superfície do crânio. Podem, ainda assim, representar uma perspectiva de futuro no que diz respeito às neurociências do desporto e da actividade física.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNETHY, B. & ZAWI, K. (2007). Pickup of essential kinematics underpins expert perception of movement patterns. *Journal Motor Behavior*, 39, 353-367.
- AHLSSKOG, J. & ERIC. (2001) Does vigorous exercise have a neuroprotective effect in Parkinson disease? *Neurology*, 77.3, 288-294.
- AUDIFFREN, M., TOMPOROWSKI, P. D., ZAGRODNIK, J. (2009). Acute aerobic exercise and information processing: modulation of executive control in a random number generation task. *Acta Psychol*, 132, 85-95.
- CASPERSEN, C. J., POWELL, K. E., and CHRIS-TENSON, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Report*, 100, 126-131.
- CHADDUCK, L., ERICKSON, K. I., PRAKASH, R. S., KIM, J. S., VOSS, M. W., VANPATTER, M., PONTIFEX, M. B., RAINE, L. B., KONKEL, A., HILLMAN, C. H., COHEN, N. J., and KRAMER, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358, 172-183.
- COLUMBE, S. & KRAMER, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychology Science*, 14, 125-130.
- CURLIK, D. M. & SHORS, T. J. (2013). Training your brain: Do mental and physical (MAP) training enhance cognition through the process of neurogenesis in the hippocampus? *Neuropharmacology*, 64, 506-514.



- ERICKSON, K. I., VOSS, M. W., PRAKASH, R. S., BASAK, C., SZABO, A., CHADDOCK L., KIM, J. S., et al. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 3017-22.
- FISHER, J. P., OGOH, S., YOUNG, C. N., RAVEN, P. B., FADEL, P. J. (2008). Regulation of middle cerebral artery blood velocity during dynamic exercise in humans: influence of aging. *Journal Applied Physiology*, 105, 266-273.
- FOSS, Merle L., STEVEN, J. KETEVIAN & EDWARD L. Fox. (1998). *Fox's physiological basis for exercise and sport*. Boston: WCB/McGraw-Hill.
- FOURKAS, Alissa D., et al. (2008). Kinesthetic imagery and tool-specific modulation of corticospinal representations in expert tennis players. *Cerebral Cortex* 18.10; pp. 2382-2390.
- GOMEZ-PINILLA, F., VAYNMAN, S. & YING, Z. (2008). Brain-derived neurotrophic factor functions as a metabotrophin to mediate the effects of exercise on cognition. *European Journal Neuroscience*, 28, 2278-2287.
- GOTTCHALK, W., JIANG, H., TARTAGLIA, N., FENG, L., FIGUROV, A. & LU, B. (1999). Signalling mechanisms mediating BDNF modulation of synaptic plasticity in the hippocampus. *Learning and Memory*, 6, 243-256.
- GROSSMAN, E. D., JARDINE, N. L. & PYLES, J. A. (2010). fMR-adaptation reveals invariant coding of biological motion on the human STS. *Frontiers Humam Neuroscience*, 4, 15
- HASKELL, W. L., LEE, I. M., PATE, R. R., POWELL, K. E., BLAIR, S. N., FRANKLIN, B. A., MACERA, C. A., HEATH, G. W., THOMPSON, P. D., and BAUMAN, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med. Science Sports Exerc.*, 39, 1423-1434.
- KARNI, A., MEYER, G., REY-HIPOLITO, C., JEZZARD, P., ADAMS, M. M., TURNER, R. (1998). The acquisition of skilled motor performance: Fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Science*, 95, 861-868.
- KRAMER, A. F., & ERICKSON, K. I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends Cognitive Science*, 11, 342-348.
- LAHNAKOSKI, J. M., GLEREAN, E., SALMI, J., JAASKELAINEN, I. P., SAMS, M., HARI, R. & NUMMENMAA, L. (2012). Naturalistic fMRI mapping reveals superior temporal sulcus as the hub for the distributed brain network for social perception, *Frontiers Humam Neuroscience*, 6.
- LAMBOURNE, K., AUDIFFREN, M. & TOMPOROWSKI, P. D. (2010). Effects of acute exercise on sensory and executive processing tasks. *Medicine Science Sports Exercise*, 42, 1396-1402. rain network for social perception. *Frontiers Human Neuroscience*, 6, 233.

- MOLTENI, R., et al. (2002). Differential effects of acute and chronic exercise on plasticity-related genes in the rat hippocampus revealed by microarray. *European Journal Neuroscience*, 16, 1107-1116.
- PEREIRA, T., ABREU A. M., & CASTRO-CALDAS A. (2013). Understanding Task and Expertise-specific Motor Acquisition and Motor Memory Formation and Consolidation. *Perceptual & Motor Skills*, 117.1, 108-129.
- PILC, Ja & ZOLADZ, A. (2010). The effect of physical activity on the brain derived neurotrophic factor: from animal to human studies. *Journal of physiology and pharmacology*, 61, 533-541.
- PLOUGHMAN & MICHELLE (2008). Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Developmental neurorehabilitation*, 11.3, 236-240.
- PONTIFEX, M. B., HILLMAN, C. H., FERNHALL, B., THOMPSON, K. M. & VALENTINI, T. A. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine Science Sports Exercise*, 41, 927-934.
- SCHINDER, A. F. & POO, M. (2000). The neurotrophin hypothesis for synaptic plasticity. *Trends in Neuroscience*, 23, 639-645.
- SHIGEHICO, Ogoh & PHILIP N. Ainslie (2009). Cerebral blood flow during exercise: mechanisms of regulation. *Journal Applied Physiology*, 107, 1370-1380.
- SMITH, P. J., BLUMENTHAL, J. A., HOFF-MAN, B. M., COOPER, H., STRAU-MAN, T. A., WELSH-BOHMER, K., BROWNDYKE, J. N., and SHERWOOD, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosom. Med.*, 72, 239-252.
- US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. (1998). National Center for Chronic Disease Prevention and Fitness, *President's Council on Physical Fitness*.
- US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Fitness, President's Council on Physical Fitness. (1998). *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General, US Superintendent of Documents*. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning, 278.
- VAN PRAAG, H., KEMPERMANN, G., GAGE, FH. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature Neuroscience*, 2, 266-270.
- WEI, G., ZHANG, Y., JIANG, T. & LUO, J. (2011). Increased Cortical Thickness in Sports Experts: A Comparison of Diving Players with the Controls. *PLoS ONE* 6(2).
- YARROW, Kielan, BROWN, Peter, & KRAKAUER, John W. (2009). Inside the brain of an elite athlete: the neural processes that support high achievement in sports. *Nature Reviews Neuroscience*, 10.8, 585-596.